

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS EN ADOBE REFORZADOS CON FLEJE PLÁSTICO EN
POLIPROPILENO Y TIRAS PLÁSTICAS RECICLABLES DE BOTELLAS PET**



EDUARDO ANDRÉS PEÑA ESTRELLA

JAIRO ESTEBAN NIÑO SANTOS

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director:

Ing. Miguel Ángel Ospina García

Ingeniero Civil, Ph.D

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL A DISTANCIA

BOGOTÁ, NOVIEMBRE DE 2019

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MUROS EN ADOBE REFORZADOS
CON FLEJE PLÁSTICO EN POLIPROPILENO Y TIRAS PLÁSTICAS
RECICLABLES DE BOTELLAS PET**

**ANALYSIS OF BEHAVIOR OF ADOBE WALLS REINFORCED WITH
POLYPROPYLENE PLASTIC STRAP AND RECYCLABLE PLASTIC STRIPS OF
PET BOTTLES**

¹Eduardo Andrés Peña Estrella

Estudiante Pregrado

Universidad Militar Nueva Granada

d7301253@unimilitar.edu.co

²Jairo Esteban Niño Santos

Estudiante Pregrado

Universidad Militar Nueva Granada

d7301436@unimilitar.edu.co

³Ing. Miguel Ángel Ospina García

Ingeniero Civil, Ph.D., Profesor asociado, Facultad de

Ingeniería Civil

Universidad Militar Nueva Granada

Fecha de recepción: 09-11-2019

Fecha de aceptación: 14-11-2019

Clasificación del artículo: investigación

Financiamiento: Privado

RESUMEN

En este artículo se analizan las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión de muretes con dimensiones de 0,5 m de largo por 0,5 m de ancho, elaborados con ladrillos de adobe que fueron fabricados por la ladrillera, arcillas de la sabana, los cuales tienen unas dimensiones de largo, ancho, alto de: 0.25 x 0.10 x 0.06 m, estos muretes se reforzaron horizontalmente entre las juntas, con dos materiales diferentes, uno corresponde al fleje plástico en polipropileno, el otro, a tiras plásticas recicladas de botellas PET. El refuerzo se ubicó perimetralmente cada dos hiladas, de tal manera que proporcione un aumento en la elasticidad de la mampostería, se elaboraron un total de 9 especímenes, de los cuales 3 fueron elaborados sin ningún tipo de refuerzo, 3 con refuerzo de fleje plástico en polipropileno, la cantidad restante con refuerzo en tiras plásticas recicladas, al final

se comparara los resultados de los especímenes sin ningún tipo de refuerzo contra los reforzados, obteniendo un aumento de resistencia del 16% en los reforzados con fleje plástico en polipropileno y un 4% en los elaborados con tiras plásticas reciclables.

Palabras clave: fleje plástico en polipropileno, reciclaje, botellas pet, fileteadora para botellas recicladas PET, Adobe, murete.

ABSTRACT

This article analyzes the mechanical properties of compression resistance of walls with dimensions of 0.5 m long and 0.5 m wide, made with mud bricks that were manufactured by bricks, sabana clays, which have dimensions of length, width, height of: 0.25 x 0.10 x 0.06 m, these walls are horizontally between the joints, with two different materials, a correspondence to the polypropylene plastic strap, the other, recycled plastic strips of PET bottles. The reinforcement was located perimeter every two lanes, in such a way as to provide an increase in the elasticity of the masonry, a total of 9 specimens were made, of which 3 were made without any reinforcement, 3 with plastic strap reinforcement in polypropylene, the remaining amount with reinforcement in recycled plastic strips, in the end the results of the specimens will be compared without any reinforcement against the reinforced ones, obtaining a 16% increase in resistance in the reinforced with polypropylene plastic strap and 4% in the made with recyclable plastic strips.

Key words: polypropylene plastic strap, recycling, pet bottles, filleting machine for recycled PET bottles, Adobe, wall.

INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo la tierra ha sido uno de los materiales de construcción más usados por el hombre, se dice que puede haber entre 30 y 50 % de viviendas en tierra entre la población mundial, la construcción en tierra ofrece muchos beneficios entre los cuales se encuentran: su bajo costo, fácil disponibilidad de materiales, facilidad constructiva, aislamiento térmico y acústico, sostenibilidad ambiental, por estas razones es muy utilizado en muchos países del mundo.

Debido a la importancia de abaratar costos con la utilización del adobe y la necesidad de proteger a las personas que habitan en zonas de alto riesgo sísmico contra terremotos, crece la importancia de construir viviendas sismo resistentes, que brinden a la población seguridad y tranquilidad en su habitat.

Según el DANE en Colombia los lugares donde se construye viviendas con paredes en adobe y tapia pisada se distribuyen de la siguiente manera:

La mayor concentración de viviendas construidas con estos materiales se encuentra en el norte de Boyacá, Cauca, sur y norte de Huila, la alta Guajira, Nariño y Guainía, áreas del país en las cuales su utilización oscila en el rango entre el 20,0% y el 35,0%.

En los departamentos de Atlántico, Bogotá, D. C., Caquetá, Chocó, Meta, Quindío, Valle del Cauca, Arauca y Putumayo, el uso de estos materiales en las paredes de las viviendas representa menos del 5,0%.

En algunas cabeceras municipales su uso es importante, relacionado principalmente con las condiciones climáticas como es el caso de Pisba y Paya en Boyacá; Baraya y Colombia en el Huila; Funes, Contadero, El Tablón de Gómez y El Rosario en Nariño; Cepitá, Carcasí o Cabrera en Santander, sitios en los cuales más del 70,0% de las viviendas están construidas con estos materiales.

Igualmente se destacan poblaciones especialmente conservadas con construcciones coloniales como Barichara en Santander, la mayoría de pueblos del Valle de Tenza en Boyacá y en buena parte de los ubicados en los altiplanos cundi-boyacense y nariñense, así como poblaciones con predominancia indígena como Inzá, Silvia, Totoró y El Tambo en Cauca, entre otros, en los que las tradicionales casas con paredes de bareque y adobe representan entre el 30,0% y 50,0% del total de las viviendas en cabecera. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2016).

Los sismos ocurren con frecuencia en todo el mundo, estos generan desastres naturales los cuales en muchas ocasiones terminan con pérdidas humanas y materiales, por lo cual se hace necesario que hoy en día se estudie el reforzamiento y el comportamiento estructural que tendrán las construcciones para soportarlos.

Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano. (Norma E-80, 2006).

Como alternativa de solución, se considera que, dado el origen y naturaleza intrínseca del adobe, éste es susceptible de ser analizado cualitativa y cuantitativamente mediante técnicas empleadas por la Ciencia del Suelo y la American Society for Testing and Materials (ASTM, 1985). Esto con el objetivo de formar una base cognoscitiva y en un futuro mejorar las cualidades de estos materiales como una vía de calidad en la construcción de vivienda moderna. (Gama-Castro et al. 2012, p.179).

MARCO CONCEPTUAL

Adobe

El manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú define el adobe como “un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos”.

Historia del adobe

La tierra es uno de los materiales más antiguos usados en la construcción de edificaciones.

La construcción con tierra tiene miles de años de historia y existe evidencia arqueológica que sugiere la existencia de ciudades construidas enteramente en tierra: Jericó, Çatal Huyuk en Turquía, Harappa en Pakistán, Akhlet-Aton en Egipto, Chan-Chan en Perú, Babilonia en Iraq, Duheros en España, entre otras. Todas las grandes civilizaciones del Medio Este –los asirios, los babilonios, los persas y los sumerios– construyeron con tierra apisonada y con bloques de barro.

Por otro lado, cuando los españoles empezaron a colonizar a America, inicio el conocimiento de la construcción con adobe y tapia pisada. Fue así como se inició la construcción de las principales ciudades capitales del reino de la Nueva Granada. Las casas urbanas del común de la gente eran edificadas en uno o dos pisos en adobe y tapia pisada. (Yamín et al. 2007, p.286).

En Colombia la arquitectura tradicional en adobe ha sido construida en zonas de altiplano. La componen edificaciones de carácter vernáculo conformadas por viviendas campesinas, conjuntos de arquitectura doméstica, casas de hacienda y edificaciones civiles y religiosas y monumentales.

En el altiplano Cundiboyacense predominaba el adobe como técnica de construcción con tierra. Se conserva aún esta arquitectura asociada a la tecnología del adobe, como un rasgo fundamental de la cultura arquitectónica colombiana; expresándose en una arquitectura doméstica que conforma conjuntos homogéneos y dispersos.

Los grupos predominantes eran los Páez y lo Guambianos, quienes frente al influjo colonial se ubicaron en el noreste del departamento. En esta topografía de pequeños valles en la montaña mantienen la tradición de la arquitectura con adobe. Aquí han construido en los centros poblados y en las áreas rurales sus viviendas con adobe. (Sanchez, 2005, p.6-7).

Elaboración de adobes

La elaboración de los adobes se realiza ya sea relleno de los moldes con un barro de consistencia pastosa o lanzando un barro menos pastoso en el molde. Se emplean diferentes tipos de moldes, por lo general son de madera. En la técnica de lanzado se mezcla arcilla plástica, arena más agua, usualmente se añade paja cortada y se lanza con fuerza en el molde, mientras más fuerte se lance el barro en el molde mejor serán la compactación y la resistencia. La

superficie se enrasa con la mano, una madera, una paleta o alambre.

Una persona puede elaborar aproximadamente 300 adobes por día, incluyendo la preparación de la mezcla, el transporte y el apilado. (Minke, 2001, p.73).

La gradación del suelo a utilizar para la elaboración de adobes debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos.

Por lo general el adobe tiene forma cuadrada o rectangular, y sus dimensiones deben ajustarse a las siguientes condiciones:

- Para adobes rectangulares el largo debe ser el doble del ancho
- La relación largo/altura debe ser de 4:1
- En lo posible la altura del bloque debe ser mayor de 8 cm

El secado de los adobes debe hacerse a la sombra protegiéndolos del sol y el agua para evitar que se rajen, después de 2 a 3 días el adobe es colocado de canto y continuando el secado hasta completar aproximadamente 1 mes.

Los adobes no deberán tener grietas, ni estar deformados. Un buen adobe apoyado sobre otros dos, debe resistir el peso de una persona por lo menos durante un minuto. Se debe hacer esta prueba por lo menos cada 50 adobes que se fabriquen. (Manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe, 2010, p. 15).

Figura 1 Ilustración prueba de resistencia adobe



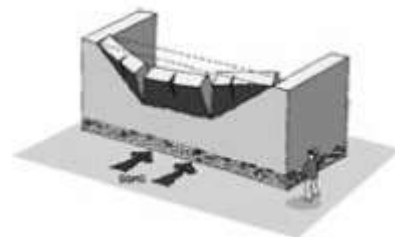
Fuente: Manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe. (2010).

Tipos de falla y agrietamientos asociados con fuerzas sísmicas

Flexión perpendicular al plano del muro

Agrietamiento horizontal en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales. Esto se presenta frecuentemente en muros largos.

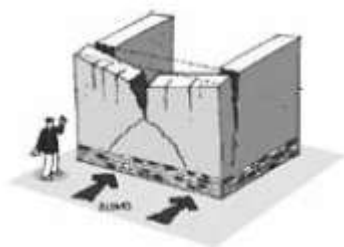
Figura 2 Flexión perpendicular al plano del muro



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central. Agrietamiento diagonal que constituye el mecanismo de falla y fisuración en la parte superior.

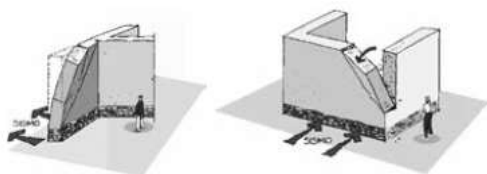
Figura 3 Falla por flexión perpendicular al plano del muro con agrietamiento vertical en la zona central



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos, o en esquinas no conectadas efectivamente con los muros transversales.

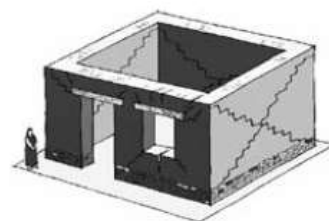
Figura 4 Falla por flexión perpendicular al plano en las esquinas no confinadas de muros sueltos



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. En muchos casos estos agrietamientos están asociados a entresijos o cubiertas muy pesadas y se ven magnificados con las aberturas correspondientes a las puertas y ventanas en los muros.

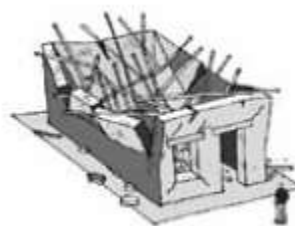
Figura 5 Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales.



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda, por encontrarse mal apoyada sobre los muros. Se genera una falla en la zona superior de los muros.

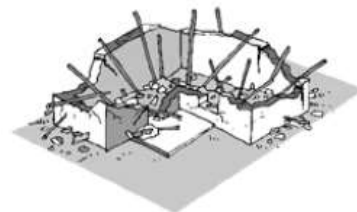
Figura 6 Caída de la cubierta hacia el interior de la vivienda



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de ella. Este tipo de mecanismo de falla es frecuente en edificaciones con cubiertas muy pesadas, mal concebidas estructuralmente o con alto grado de deterioro.

Figura 7 Falla generalizada de la cubierta por ausencia de un apoyo adecuado o por mala estructuración de ella



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo. En este mecanismo de falla el entrepiso rompe los muros principales en forma casi horizontal, generando la inestabilidad del segundo piso.

Figura 8 Falla que se presenta por mala conexión de los muros del primer piso con los del segundo



Fuente: Yamín, L., Phillips, C., Reyes, J., & Ruiz, D. (2007).

Ensayos de laboratorio para caracterización mecánica y del comportamiento estructural del adobe.

- **Resistencia a la compresión de piezas individuales NTC 4017**

La metodología para determinar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe se encuentran descritas en la norma NTC 4017, Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla, en donde se expone, los procedimientos de selección y preparación de la muestra.

La resistencia a la compresión de ladrillo de arcilla, f'_{cu} , se usa como control de calidad en la elaboración, para conocer la calidad de los materiales y su materia prima

utilizados en la fabricación del adobe y para encontrar la resistencia a la compresión de la mampostería f'_m , a partir de fórmulas que relacionan las propiedades de la unidad y los morteros.

El ensayo de resistencia a la compresión, consiste en llevar la pieza de adobe a la falla y registrar la carga de rotura en el área de contacto, para determinar el esfuerzo de compresión máximo. (Afanador N., Guerrero G., Monroy R. 2012, p.43-58).

- **Resistencia a la compresión de muretes NTC 3495**

Este método de ensayo comprende los procedimientos para la elaboración y ensayo de muretes de mampostería, y los procedimientos para determinar la resistencia a la compresión de la mampostería, f_{mt} , usada para determinar el cumplimiento del requisito de la resistencia nominal a la compresión de la mampostería especificada, f'_m . Cuando se utiliza este ensayo para propósitos de investigación, los procedimientos de elaboración y de ensayo aquí definidos, sirven como guía y suministran parámetros de control. (Norma NTC 3495, 2003)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de los muretes de prueba se utilizaron ladrillos de adobe, fabricados por la ladrillera arcillas de la sabana, con unas dimensiones de 0,25m de largo, 0,1m de ancho, 0,06m de alto, un peso de 4 kg y peso unitario de 2660 Kg/m³ aproximadamente.

Para la pega de los adobes se preparó un mortero conformado por cemento general tipo portland más arena, en una proporción en volumen de 1:3.

Los muretes se construyeron con unas dimensiones de 0.5 x 0.5 metros, la pega de los adobes se efectuó por el método tradicional en aparejo de soga. Los refuerzos utilizados en los muretes, los cuales influyen directamente en el propósito de la investigación, están conformados por fleje plástico en polipropileno de $\frac{3}{4}$ de pulgada y tiras plásticas reciclables de botellas pet de 1".

Figura 9 Elaboración de muretes



Fuente: Propia

El curado de los muretes se llevó a cabo en un recinto cerrado a temperatura ambiente, sin circulación de aire y por un periodo mayor a los 28 días. (figura 11).

Para el análisis de la investigación se considera una variable cuantitativa, definida por la resistencia a la compresión de la mampostería, para obtener esta variable se tomará como

guía, la Norma Técnica Colombiana NTC 3495 Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería.

Debido a la fragilidad de los muretes, se debe realizar la prueba de resistencia a la compresión en el mismo lugar donde se fabricaron y curaron, esto con el propósito de evitar largos traslados que puedan ocasionar daños en los muretes, por tal motivo, se tomó la decisión de fallarlos en las mismas instalaciones donde se construyeron, la cual contaba con una maquina a compresión apta para fallar los muretes bajo la norma NTC 3495.

Figura 10 Curado de muretes



Fuente: Propia

Para este trabajo se elaboraron 3 muretes sin ninguna clase de refuerzo, 3 muretes con refuerzo de fleje plástico y 3 muretes con refuerzo de tiras plásticas reciclables de botellas pet, los cuales fueron fallados en una maquina a compresión universal para determinar la resistencia a la compresión de cada uno de ellos. Para llevar a la falla los muretes se aplicó una velocidad del 12 % en la máquina, la cual garantizo una carga uniforme

en la primera mitad del ensayo y en la mitad restante conseguir que la falla se produjera de uno a dos minutos como lo especifica la norma.

Una vez fallados todos los muretes se determina cuál de los refuerzos propuestos (flejes plásticos en polipropileno o tiras plásticas reciclables), proporciona una mayor resistencia al murete, se aplicó un diseño experimental unifactorial para evaluar los resultados según el modelo matemático propuesto en la norma NTC 3495.

Figura 11 Fallado de muretes



Fuente: Propia

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se mencionó anteriormente todos los muretes fueron sometidos a compresión hasta la falla, determinando así, el valor de la carga máxima, para con ella, poder calcular la resistencia a la compresión de la mampostería f_{mt} .

En las tablas 1 a 3 se presentan resúmenes, con las propiedades mecánicas halladas y calculadas para cada uno de los muretes, agrupados, por cada una de las variables a investigar.

4.1 Resistencia a la compresión de muretes sin refuerzo

Figura 12 Fallado de muretes sin refuerzo



Fuente: Propia

Tabla 1: Resumen propiedades mecánicas muretes sin refuerzo.

Datos generales				Datos muretes				Datos resistencia			
Muestra N°	Tipo de refuerzo	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Longitud	Espesor	Altura	R a/e	Carga	Factor corrección	Resistencia a la compresión f_{mt}	
								KN		Kgf/cm2	Mpa
1	Sin refuerzo	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	52,8	5	45,3	1,22	11,15	1,09
2	Sin refuerzo	16/11/18	14/05/19	51,0	10,0	52,0	5	41,9	1,22	10,21	1,00
3	Sin refuerzo	16/11/18	14/05/19	51,0	10,0	53,0	5	46,0	1,22	11,23	1,10

Fuente: Propia

4.2 Resistencia a la compresión de muretes con refuerzo de fleje plástico en polipropileno

Figura 13 Fallado de muretes con refuerzo de fleje plástico



Fuente: Propia

Figura 14 Fallado de muretes con refuerzo de fleje plástico



Fuente: Propia

Figura 15 Fallado de muretes con refuerzo de fleje plástico



Fuente: Propia

4.3 Resistencia a la compresión de muretes con refuerzo de tiras plásticas reciclables pet.

Figura 16 Fallado de muretes con refuerzo de tiras plásticas reciclables



Fuente: Propia

Figura 17 Fallado de muretes con refuerzo de tiras plásticas reciclables



Fuente: Propia

Tabla 2: Resumen propiedades mecánicas muretes con refuerzo de fleje plástico.

Muestra N°	Datos generales			Datos muretes				Datos resistencia			
	Tipo de refuerzo	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Longitud	Espesor	Altura	R a/e	Carga	Factor corrección	Resistencia a la compresión f_{mt}	
								KN		Kgf/cm2	Mpa
Z1	Con fleje plast.	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	53,5	5	51,9	1,22	12,78	1,25
Z2	Con fleje plast.	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	53,0	5	52,6	1,22	12,95	1,27
Z3	Con fleje plast.	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	52,5	5	50,4	1,22	12,41	1,22

Fuente: Propia

Tabla 3: Resumen propiedades mecánicas muretes con refuerzo de tiras plásticas reciclables.

Datos generales				Datos muretes				Datos resistencia			
Muestra N°	Tipo de refuerzo	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Longitud	Espesor	Altura	R a/e	Carga	Factor corrección	Resistencia a la compresión f_{mt}	
								KN		Kgf/cm2	Mpa
P1	Con tiras pets	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	51,5	5	44,0	1,22	10,84	1,06
P2	Con tiras pets	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	52,0	5	44,4	1,22	10,94	1,07
P3	Con tiras pets	16/11/18	14/05/19	50,5	10,0	50,0	5	49,3	1,22	12,14	1,19

Fuente: Propia

4.4 ANALISIS DE RESULTADOS

Se determinó la resistencia a la compresión promedio para cada una

de las variables que se deseaba investigar, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 4.

Tabla 4: Resistencia a la compresión de mampostería.

Datos generales				Datos resistencia		Desv. Estandar
Muestra N°	Tipo de refuerzo	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Resistencia a la compresión f _{mt}		
				Kgf/cm2	Mpa	
1	Sin refuerzo	16/11/18	14/05/19	10,86	1,065	0,055
2	Con fleje plast.	16/11/18	14/05/19	12,71	1,246	0,027
3	Con tiras pets	16/11/18	14/05/19	11,31	1,108	0,071

Fuente: Propia

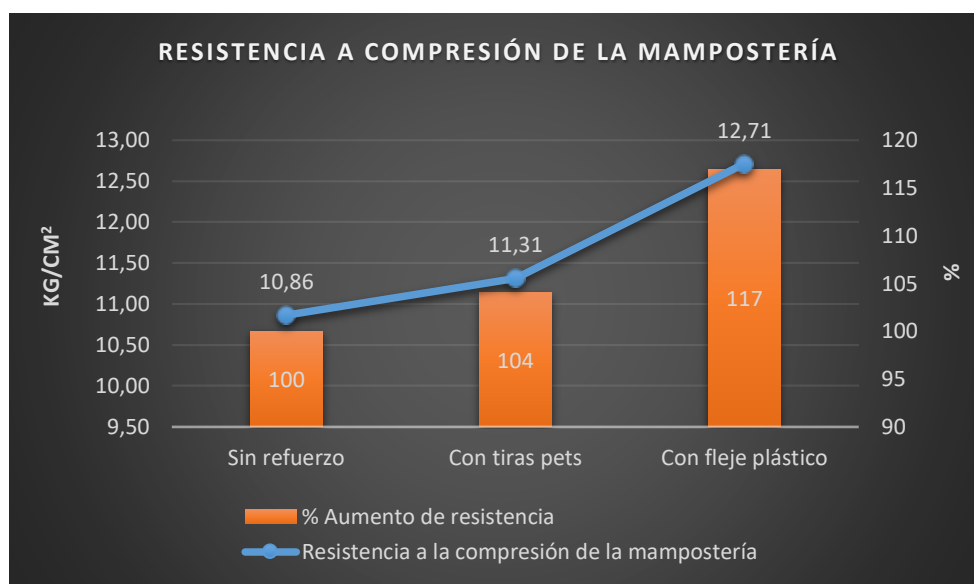
De acuerdo a los bajos valores de desviación estándar calculados para cada una de las variables, se puede afirmar que los datos obtenidos son confiables y que las diferencias obtenidas para cada una de las variables medidas se deben al refuerzo utilizado.

Para la determinación de la resistencia a la compresión de cada uno de los muretes ensayados, se debió utilizar

un factor de corrección por esbeltez de acuerdo a lo especificado en la NTC 3495.

La figura 16 muestra un gráfico que representa el valor de la resistencia a la compresión de cada una de las variables evaluadas, en él, se puede observar que los muretes reforzados con fleje plástico obtuvieron el mayor valor de la resistencia equivalente a 12.71 Kg/cm².

Figura 18 Gráfico de resistencias a la compresión de la mampostería



Fuente: Propia

Respecto a los muretes con el refuerzo de tiras plásticas reciclables de botellas pet, se obtuvo una resistencia a la compresión de 11.31 Kg/cm², la cual no fue tan alta como la del fleje plástico, pero se observó un pequeño aumento respecto a los muretes sin refuerzo.

Los valores de los muretes elaborados con fleje plástico tuvieron un aumento del 17% respecto a los adobes sin refuerzo

Los valores de los muretes elaborados con tiras plásticas pet tuvieron un aumento del 4% respecto a los adobes sin refuerzo

Se logró determinar que las alternativas de refuerzo propuestas mejoran la resistencia a la compresión de la mampostería

En inspección visual se observó que, después de aplicar la carga máxima a los muretes sin refuerzo, estos

presentaron desmoronamientos, mientras que los muretes con refuerzo mantuvieron su forma y no se observó falla o rotura del material de refuerzo.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo al tipo de falla presentada, se observó que los muretes con refuerzo conservaron su forma, mientras que los muretes sin refuerzo presentaron desmoronamientos significativos, esto lleva a la conclusión de que cualquiera de las variables de refuerzo investigadas, podría llegar a ser útil para evitar el colapso en muros de adobe.

Las alternativas de refuerzo propuestas tienen un bajo costo y son de fácil consecución en el mercado, esto hace que puedan ser aplicadas en zonas remotas para la población de bajos recursos económicos

Se concluye que la implementación del fleje plástico como refuerzo

horizontal aumenta en un 17% la resistencia de los muretes, y junto con la característica de aumento de elasticidad que se logró luego de la falla, estos pueden ser empleados en futuros experimentos que empleen este tipo de mampostería confinada en columnetas de concreto y ladrillos de adobe perforados verticalmente e inyectados con mortero.

Se determina que la distribución del fleje plástico y las tiras plásticas cada dos hiladas de ladrillo fue adecuada, ya que al momento de la deformación del espécimen, resistieron el peso de las hiladas y se mantuvieron unidas al mortero tanto la pieza de mampostería como el refuerzo de flejes plásticos y tiras plásticas, se hubiera podido incurrir en una falla agregando más hiladas al refuerzo propuesto debido a que estas aumentarían el peso del elemento sujetado y podría ocasionar la rotura de las tiras plásticas o los flejes plásticos.

A pesar de que las tiras plásticas reciclables de botellas pet, tenían un ancho mayor que el fleje plástico, se obtuvieron valores más bajos en resistencia a la compresión, una posible hipótesis de los bajos resultados, podría estar relacionada con la rigidez de las tiras plásticas, que hizo dispendioso la colocación de las tiras entre las hiladas de la mampostería y esto a su vez genero un mal confinamiento en todo el murete, mientras que el fleje plástico, tiene una característica más flexible que permitió una óptima colocación y confinamiento del murete.

Para la aplicación en proyectos futuros, se hace necesario una caracterización de los ladrillos de

adobe a emplear, ya que las características mecánicas de estos pueden cambiar dependiendo del origen de la materia prima, y así mismo pueden variar los resultados obtenidos. De esta manera se pueden ir fijando lineamientos básicos para el diseño de mampostería elaborada con adobe, mortero y flejes plásticos o materiales reciclables como las botellas pet

El adobe sigue siendo una materia prima de fácil acceso para personas de bajos recursos, el plástico es un material que hoy en día es fácil de conseguir incluso realizando el reciclaje en casa y el fleje plástico es un material económico y amigable con el medio ambiente, lo cual hace de esta propuesta, un proyecto viable económicamente para seguir profundizando en pro del mejoramiento del estilo de vida de personas de bajos recursos, o quienes habiten en zonas remotas de difícil acceso con el fin de brindarles un sistema constructivo seguro para sus habitantes, económico y amable con el medio ambiente.

6. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al ingeniero miguel Ospina tutor y director del proyecto quien realizo el acompañamiento y guio por buen camino el proceso desde la formulación hasta la ejecución del mismo.

7. ANEXOS

Escaneando el siguiente código QR sigue al enlace donde se publicaron los videos y fotografías de la falla de los muretes.



Referencias

Sanchez, C., (2005). Arquitectura de la Vivienda Vernácula Colombiana en Ado-be y su relación con la Norma Sismo Resistente. Artículo en publicación de SIS-MOADOBE2005 Seminario Internacional de Arquitectura, 1-20. Recuperado de <http://habitattierra.com/web/IMG/pdf/Artadobesismo2005.pdf>

Solís, M., Torrealva, D., Santillán, P., Montoya, G. (2015). Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzados con geomallas. Informes de la Construcción, 67(539): e092, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.141>.

B. Orta, J. M. Adell, R. Bustamante, A. García, S. Vega. (2009). Ensayo en Lima (Perú) de edificio de adobe sismorresistente construido con el sistema de albañilería integral. Informes de la Construcción, Vol. 61, 515, 59-65, julio-septiembre 2009 ISSN: 0020-0883 eISSN: 1988-3234 doi: 10.3989/ic.09.006.

Afanador N., Guerrero G., Monroy R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol 22-1, PP 43 - 58, Bogotá junio de 2012, ISSN 0124-8170

Manual de construcción edificaciones antisísmicas de adobe. Ministerio de Vi-vienda, Construcción y Saneamiento de Perú, Perú, noviembre 2010.

Minke, G., (2001), Manual de Construcción en Tierra, Alemania, Editorial Fin de siglo. Recuperado de <http://casaeco.blogspot.com.co/2010/04/manual-de-construccion-en-tierra-gernot.html>.

Norma Legal E-80 Adobe. Instituto de la construcción y gerencia de Perú, Perú, junio 2006. Recuperado de http://www.construccion.org.pe/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_080.pdf

Norma NTC 3495, Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería. Norma técnica colombiana 2003. Recuperado de <http://documents.mx/documents/ntc-3495.html>.

Gama-Castro, Jorge E, Cruz y Cruz, Tamara, Pi-Puig, Teresa, Alcalá-Martínez, René, Cabadas-Báez, Héctor, Jasso-Castañeda, Carolina, Díaz-Ortega, Jaime, Sánchez-Pérez, Serafín, López-Aguilar, Fernando, & Vilanova de Allende, Rodri-go. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 64(2), 177-188. Recuperado en 12 de octubre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222012000200003&lng=es&tlng=es.

Yamín Lacouture, L., Phillips Bernal, C., Reyes Ortiz, J., & Ruiz Valencia, D. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Apuntes. Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural, 20(2), 286-303. Recuperado de <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8984/7283>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, (2016). Atlas estadístico de Colombia. DANE. Recuperado de <http://sige.dane.gov.co/atlasestadistico/>.

G. Matos, D. Quiun y A. San Bartolomé, Ensayo de simulación sísmica en un módulo de adobe confinado por elementos de concreto armado, PUCP, Lima, 1997

Flores, V., Sánchez-Tizapa, S., Arroyo, R., & Barragán, R. (2013). Propiedades mecánicas de la mampostería de tabique rojo recocido utilizada en Chilpancingo, Gro (México). Informes de la Construcción, 65(531): 387-395 doi: 10.3989/ic.12.084

Reglamento colombiano de construcción sismo resistente, NSR-10, Ene. 2010.

Canal de Electronuno, año 2013, Youtube, <https://www.youtube.com/watch?v=wQPCXdVlyvQ>